

سنجش و پیش‌بینی تغییرات پوشش گیاهی حوزه استان مازندران طی بازه زمانی ۲۰۰۵-۲۰۱۷ با استفاده از زنجیره مارکوف و GIS

رضا سارلی^۱

غلامرضا روشن^۲

استفان گرب^۳

تاریخ دریافت مقاله: ۹۷/۰۵/۱۴

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۸/۰۶/۱۲

چکیده

عموماً جهت ارزیابی فرآیندهای طبیعی، از قبیل اثرات بلندمدت تغییر اقلیم که متأثر از اندرکنش مؤلفه‌های سازنده سامانه اقلیمی از قبیل بیوسفر، لیتوسفر و یا عواملی که خارج از سامانه اقلیمی، تغییرات آب و هوایی را در بازه زمانی درازمدت کنترل می‌نمایند، و همچنین در خصوص فرآیندهای کوتاه مدت که شامل توالی پوشش گیاهی و فرآیندهای ژئومورفولوژیکی است، پایش تغییر صورت می‌گیرد. همچنین، به منظور ارزیابی اثرات ناشی از فعالیت‌های انسانی از قبیل جنگل‌زدایی، کشاورزی و شهرسازی، پایش تغییر مورد استفاده قرار می‌گیرد. همانگونه که تغییرات محیطی انعکاس دهنده وضعیت مدیریت اراضی است، روش‌های پایش تغییر می‌تواند به ارزیابی این عملیات کمک کند. در این راستا هدف از پژوهش حاضر سنجش و پایش بینی تغییرات پوشش گیاهی حوزه استان مازندران طی دوره ۲۰۰۵-۲۰۱۷ با استفاده از زنجیره مارکوف و GIS می‌باشد. برای بررسی و تجزیه تحلیل تغییرات از روش طبقه‌بندی *decision tree* با توجه به استانداردهای ناسا ابتدا برای هر *valu16* یک کلاس تعریف شد. بر این اساس مشخص شده است که آستانه‌ی تغییر در منطقه‌ی مورد مطالعه با ۱ انحراف از میانگین قرار داشته است. پس از تعیین آستانه‌ی تغییر، مناطق دارای تغییرات کاهشی، افزایشی و بدون تغییر مشخص گردیده است. جهت ارزیابی دقت تکنیک‌های سنجش تغییر پس از برداشت واقعیات زمینی که از طریق بازدید میدانی و تصاویر ماهواره *Google Earth* به دست آمد از دقت کل و ضریب کاپا استفاده شد. بر اساس نتایج به دست آمده مشخص گردید که داده‌های ارزیابی شده با میانگین دقت کل ۹۱، ضریب کاپای ۰/۸۸ را در ارزیابی پایش تغییرات پوشش گیاهی منطقه‌ی مورد مطالعه به خود اختصاص داده‌اند.

واژه‌های کلیدی: پوشش گیاهی، تکنیک‌های سنجش از دور (RS)، سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، استان مازندران

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد آب و هواشناسی، تغییر اقلیم، دانشگاه گلستان، گرگان، ایران. rs.moha@yahoo.com

۲- دانشیار اقلیم‌شناسی گروه جغرافیا، دانشگاه گلستان، گرگان، ایران (نویسنده مسئول) ghr.roshan@gu.ac.ir

۳- استاد گروه جغرافیا، باستان‌شناسی و مطالعات محیط زیست، دانشگاه ویتس آفریقای جنوبی stefan.grab@wits.ac.za

۱- مقدمه

نمایی واقعی از پدیده زیستی و فیزیکی موجود در سطح زمین مثل پوشش گیاهی، آب، بیابان، یخ، برف و پدیده‌های ایجادشده توسط انسان است (Yaghoobzadeh & Akbarpour, 2011: 5-22). در طول زمان، الگوهای پوشش زمین و به تبع آن کاربری اراضی دچار تغییر و دگرگونی اساسی می‌شوند؛ اصولاً برای استفاده بهینه از قابلیت‌های منابع طبیعی، کسب اطلاعات دقیق از پتانسیل‌های کاربری اراضی امری ضروری است. امروزه، فن‌آوری سنجش از راه دور به‌عنوان یک راهکار ارزشمند در جهت شناسایی منابع طبیعی، به‌ویژه در روند تهیه نقشه‌های کاربری اراضی، در مناطق مختلف جهان به‌صورت علمی مورد استناد قرار می‌گیرد (شریفی و همکاران، ۱۳۹۲: ۲۱۴). لذا با توجه به کاربردهای فراوان آشکارسازی تغییرات به کمک فناوری سنجش‌ازدور برخی از این کاربردها شامل تغییرات کاربری و پوشش اراضی^۱، تغییر پوشش گیاهی و جنگلی^۲، تغییر چشم‌انداز^۳ و تغییرات شهری و غیره از برنامه‌هایی است که جهت آشکارسازی تغییرات مورد استفاده قرار می‌گیرد (میدوار و همکاران، ۱۳۹۴: ۱۱۳). با توجه به مباحث مذکور، هدف از پژوهش حاضر آشکارسازی تغییرات پوشش گیاهی منطقه در استان مازندران طی دوره ۲۰۱۵-۲۰۰۵ با استفاده از تکنیک‌های سنجش‌ازدور (RS) و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) می‌باشد.

در مورد تغییرات پوشش گیاهی تحقیقات زیادی در داخل و خارج از کشور صورت گرفته که به مواردی اشاره می‌گردد:

- Puissant و همکاران (۲۰۱۴)، در تحقیقی با استفاده از روش شیء‌گرا اقدام به تهیه نقشه جنگل‌های سطح شهر نمودند و نشان دادند که روش شیء‌گرا نقشه‌ای دقیق و درعین حال با تفکیک قوی عناصر سبز تولید می‌نماید.

- زارع‌چاهکوهی و همکاران (۱۳۹۵)، در پژوهشی با عنوان «ارزیابی تغییرات مکانی پوشش گیاهی مراتع مناطق

پوشش گیاهی از زیست‌بوم‌های اصلی زمین است و نقش غیرقابل‌جایگزینی در تنظیم و حفاظت از هوا سپهر، آب‌و‌خاک، کاهش غلظت گازهای گلخانه‌ای و افزایش و حفظ ثبات آب‌وهوا دارد. در نتیجه، هرگونه تغییر در پوشش گیاهی، تأثیر بزرگی بر محیط‌زیست طبیعی خواهد گذاشت (Weishou et al, 2011: 2438). پوشش‌های گیاهی، به علل مختلف و به‌مرورزمان در اثر عوامل طبیعی و یا انسانی دچار تغییر شده که شرایط و عملکرد اکوسیستم را تحت تأثیر قرار می‌دهد. بنابراین نیاز به آشکارسازی، پیش‌بینی و مراقبت چنین تغییراتی در یک اکوسیستم از اهمیت به‌سزایی برخوردار است (پورخباز و همکاران، ۱۳۹۳: ۲۴). امروزه تغییرات بدون برنامه کاربری اراضی، پوشش گیاهی به یک مشکل حاد تبدیل شده است و اکثر تغییرات کاربری اراضی پوشش گیاهی بدون یک برنامه‌ریزی مدون و با توجه اندک به اثرات محیط زیستی آن‌ها صورت می‌گیرد. در چهار دهه گذشته تغییرات کاربری اراضی، پوشش گیاهی در ایران با سرعت فزاینده در بعضی جهات نامطلوب به وقوع پیوسته است و این باعث تشدید روند تخریب اراضی شده است. از آنجاکه تغییرات در کاربری اراضی، پوشش گیاهی در سطوح وسیع و گسترده صورت می‌گیرد، لذا تکنولوژی سنجش از راه دور^۱ یک ابزار ضروری و با ارزش در ارزیابی تغییرات به دلیل پوشش مکرر و تکراری کره زمین می‌باشد (مهدوی و همکاران، ۱۳۹۳: ۱۸۸). به‌طورکلی اندازه‌گیری میدانی و استفاده از داده‌های سنجش از دور، دو روش عمده برای استخراج درصد پوشش گیاهی می‌باشد. خصوصیات نظیر فراهم ساختن دید وسیع و یکپارچه از منطقه، قابلیت تکرارپذیری، سهل‌الوصول بودن داده‌ها، دقت بالای داده‌های حاصله و صرفه‌جویی در زمان از ویژگی‌هایی است که استفاده از این‌گونه اطلاعات را برای بررسی پوشش گیاهی و کنترل تغییرات آن نسبت به سایر روش‌ها ارجحیت می‌بخشد (جباری و همکاران، ۱۳۹۳: ۲۸). نقشه‌های پوشش سطح زمین،

2- Land-use and land-cover (LULC) change

3- Forest or vegetation change

4- Landscape change

1- Remote sensing

خشک و نیمه‌خشک با استفاده از سنجش‌های بوم‌شناسی سیمای سرزمین (مطالعه موردی: مراتع پشتکوه استان یزد)» به این نتیجه رسیدند که سنجه تراکم حاشیه بیشترین تأثیر را بر تفکیک طبقات دارد، اما در مورد نقشه تیپ‌های گیاهی سنجش‌های سیمای سرزمین به یک اندازه اهمیت داشتند و سنجه مهم‌تری مشخص نشد و نسبت به تفکیک واحدهای شکل زمین قدرت تفکیک کمتری داشتند. در نهایت با انجام آنالیز تشخیص، تابع تفکیک و سنجش‌هایی که بین تیپ‌های گیاهی و طبقات شکل زمین، تفکیک ایجاد کردند. نتایج آنالیز تشخیص نشان داد که سنجه‌های تعداد لکه، تراکم حاشیه و شاخص پیچ‌خوردگی شکل لکه‌های سیمای سرزمین می‌توانند واحدهای تیپ گیاهی و شکل زمین را از یکدیگر تفکیک کنند.

۲- مواد و روش‌ها

ارزیابی تغییرات کاربری اراضی برای تجزیه و تحلیل‌های محیط‌زیست، برنامه‌ریزی و مدیریت ضروری است. مدل‌ساز تغییر زمین، نرم‌افزاری برای ایجاد توسعه پایدار بوم‌شناختی است، که برای تشخیص مسئله مبرم و رو به افزایش تغییرات سرزمین و نیازهای تحلیل حفظ تنوع زیستی طراحی و ساخته شده است و به صورت ابزار جانبی درون سامانه نرم‌افزار TerrSet وجود داشته، همچنین به صورت افزونه برای نرم‌افزار ArcGIS نیز در دسترس است. مدل‌ساز تغییر زمین، ابزاری را در اختیار قرار می‌دهد که به کمک آن می‌توان به ارزیابی و مدل‌سازی تجربی تغییرات کاربری اراضی و اثرات آن بر محدوده مورد مطالعه و نیز زیستگاه‌ها پرداخت (آرخی و اصفهانی، ۱۳۹۳).

جهت پردازش داده‌های مادیس از product land cover آن بهره گرفته شد که یکی از پرکاربردترین product land cover است که در ارتباط با مادیس طراحی شده product land cover آن می‌باشد و به صورت سالانه مورد استفاده قرار می‌گیرد. این سنجنده با توان‌های تفکیک مکانی ۵۰۰-۲۵۰ و همچنین ۱ کیلومتر از ۳۶ باند طیفی در محدوده مرئی، مادون‌قرمز بازتابی، و مادون‌قرمز حرارتی به‌خوبی برای کاربردهای مختلف سطح، سطح زمین، اتمسفر و اقیانوس‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. به‌منظور بررسی و تحلیل پروفیل تغییرات پوشش گیاهی در حوزه استان مازندران با استفاده از شاخص‌های NDVI و EVI محصول MOD12Q1 سنجنده مادیس در سال‌های ۲۰۰۵، ۲۰۱۷ استفاده شد. تصاویر

در پژوهشی با عنوان «آشکارسازی تغییرات پوشش / کاربری اراضی با پردازش شیء‌گرایی تصاویر ماهواره‌ای با استفاده از نرم‌افزار Idrisi selvi» در طی دوره زمانی ۲۵ ساله تغییرات پوشش / کاربری اراضی منطقه آبدانان را مورد بررسی قرار داده و به این نتیجه رسیده که در فاصله سال‌های ۱۳۶۴ تا ۱۳۸۹، شاهد روند کاهشی اراضی با پوشش مرتعی متوسط و خوب بوده که بیانگر روند کلی تخریب در منطقه از طریق جایگزین شدن مراتع متوسط و خوب توسط کاربری‌های مرتع فقیر و اراضی بایر می‌باشد. در نهایت با توجه به پژوهش‌های اشاره‌شده، این پژوهش علاوه بر بررسی معیارهای موردسنجش قرارگرفته در پژوهش‌های پیشین، جهت پردازش از داده‌های مادیس product land cover بهره گرفته است که یکی از پرکاربردترین product land cover است که در ارتباط با مادیس طراحی شده، product land cover آن می‌باشد که به صورت سالانه مورد استفاده قرار می‌گیرد، در حالی که در پژوهش‌های پیشین بیشتر تأکید بر سنجنده‌های لندست و قابلیت‌های آن بوده است. همچنین در این پژوهش برای بررسی تغییرات از روش طبقه‌بندی decision tree با توجه به استانداردهای ناسا بهره گرفته شد، که به‌خوبی می‌تواند برای کاربردهای مختلف سطح،

آرخی (۱۳۹۴)، در پژوهشی با عنوان «آشکارسازی تغییرات پوشش / کاربری اراضی با پردازش شیء‌گرایی تصاویر ماهواره‌ای با استفاده از نرم‌افزار Idrisi selvi» در طی دوره زمانی ۲۵ ساله تغییرات پوشش / کاربری اراضی منطقه آبدانان را مورد بررسی قرار داده و به این نتیجه رسیده که در فاصله سال‌های ۱۳۶۴ تا ۱۳۸۹، شاهد روند کاهشی اراضی با پوشش مرتعی متوسط و خوب بوده که بیانگر روند کلی تخریب در منطقه از طریق جایگزین شدن مراتع متوسط و خوب توسط کاربری‌های مرتع فقیر و اراضی بایر می‌باشد. در نهایت با توجه به پژوهش‌های اشاره‌شده، این پژوهش علاوه بر بررسی معیارهای موردسنجش قرارگرفته در پژوهش‌های پیشین، جهت پردازش از داده‌های مادیس product land cover بهره گرفته است که یکی از پرکاربردترین product land cover است که در ارتباط با مادیس طراحی شده، product land cover آن می‌باشد که به صورت سالانه مورد استفاده قرار می‌گیرد، در حالی که در پژوهش‌های پیشین بیشتر تأکید بر سنجنده‌های لندست و قابلیت‌های آن بوده است. همچنین در این پژوهش برای بررسی تغییرات از روش طبقه‌بندی decision tree با توجه به استانداردهای ناسا بهره گرفته شد، که به‌خوبی می‌تواند برای کاربردهای مختلف سطح،

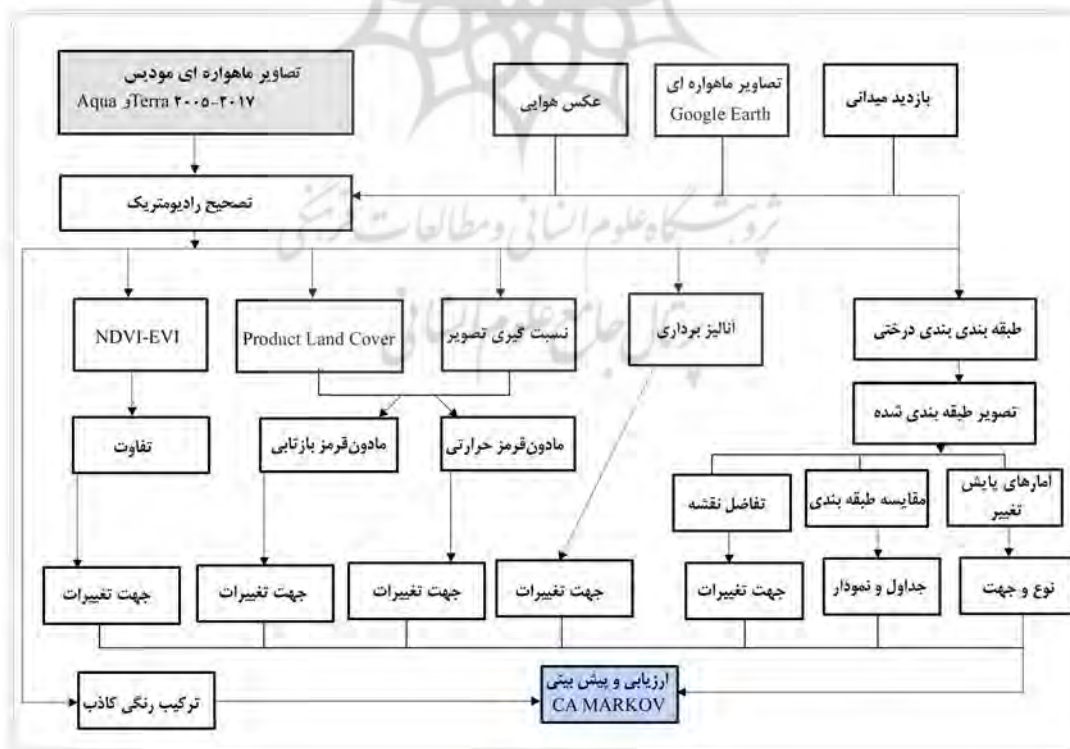
متغیرهای موجود، نحوه ارتباط آنها و نتایج حاصل از کنش و واکنش آنها است. مدل سازی یک ابزار مهم برای مطالعه تغییر کاربری می باشد که توانایی اندازه گیری و پیش بینی تغییرات پوشش گیاهی را دارد. مدل های پوشش گیاهی و تغییر کاربری می توانند به تولید فرضیه های علمی کمک کنند.

یکی از روش ها برای پیش بینی تغییر کاربری زمین، روش زنجیره ای مارکوف است. بنیانگذار این روش آندره آندرویچ مارکوف، ریاضی دان روسی در سال ۱۹۰۷ می باشد. روش زنجیره ای مارکوف، براساس یک روش احتمالاتی و با در نظر گرفتن گذشت زمان، تغییرات ایجاد شده را نشان می دهد و براساس این تحلیل نسبت تبدیل کاربری های مختلف و امکان پیش بینی آنها در آینده فراهم می شود. با پیش بینی تغییرات کاربری می توان میزان گسترش و تخریب منابع را مشخص و این تغییرات را در مسیرهای مناسب

مربوطه به صورت سالیانه با توان تفکیک ۵۰۰ متر و سیستم مختصات سینوسی به صورت ترکیبی از داده های aqua و terra تهیه شده است. بررسی تغییرات با استفاده از روش طبقه بندی decision tree با توجه به استانداردهایی که توسط ناسا ارائه شده اجرا گردید و در گام بعدی نقشه پیش بینی تغییرات آن با استفاده از مدل زنجیره مارکوف محاسبه شد. سپس با استفاده از نرم افزار Arc Gis به تجزیه و تحلیل این تغییرات پرداخته شد، اینکه چه کاربری با چه درصد تغییراتی به کدام محدوده تعلق یافته است.

۱-۲- مدل زنجیره مارکوف

یکی از تدابیری که به منظور شناخت بهتر و ساده تر عوامل و متغیرهای موجود در مورد مسأله به کار گرفته می شود مدل سازی است. منظور از مدل یا الگو تصویری است، از واقعیت ها و روابط موجود گرفته شده و نشانگر



نگاره ۱: دیاگرام جریانی انجام کار

هدف از تهیه این ماتریس مقایسه دو گروه داده با یکدیگر است که در آن، یک گروه از کلاس‌ها حاصل از طبقه‌بندی است و گروه دیگر داده‌های زمینی یا مرجع می‌باشد. چنین ماتریسی شکل مربع دارد. با استفاده از این ماتریس می‌توان به ماهیت دو گروه خطای حذف و اضافه (گماشته شده) پی برد. خطای حذف بدین معنی است که یکسری از پیکسل‌ها باید در کلاس فرضی ۱ طبقه‌بندی می‌شدند ولی طبقه‌بندی کننده آنها را در کلاس دیگر طبقه‌بندی کرده است. خطای اضافه به آن دسته از پیکسل‌هایی اشاره می‌کند که در واقع متعلق به کلاس ۱ نیستند ولی جزء کلاس ۱ طبقه‌بندی شده‌اند. بنابراین می‌توان گفت که مجموعه پیکسل‌هایی که روی قطر اصلی ماتریس قرار گرفته‌اند پیکسل‌هایی هستند که درست طبقه‌بندی شده‌اند و مجموعه پیکسل‌هایی که بر روی سایر عناصر این ماتریس قرار گرفته‌اند نشانگر دو نوع خطای حذف و اضافه می‌باشند. یکی از کاربردهای مهم ماتریس خطا محاسبه دقت کلی نقشه می‌باشد.

برآورد دقت برای درک نتایج به دست آمده و به کار بردن این نتایج برای تصمیم‌گیری خیلی مهم هستند. معمول‌ترین پارامترهای برآورد دقت شامل، دقت کلی، دقت تولیدکننده، دقت کاربر و ضریب کاپا هستند. از نظر تئوری احتمالات، دقت کلی نمی‌تواند معیار خوبی برای ارزیابی نتایج طبقه‌بندی باشد. چرا که در این شاخص نقش شانس قابل توجه است. دقت کلی از جمع عناصر قطر اصلی ماتریس خطا تقسیم بر تعداد کل پیکسل‌ها طبق رابطه (۲) بدست می‌آید. به دلیل ایرادات وارده بر دقت کلی، غالباً در کارهای اجرایی که مقایسه دقت طبقه‌بندی مورد توجه است، از شاخص کاپا استفاده می‌شود. چون شاخص کاپا پیکسل‌های نادرست طبقه‌بندی شده را مدنظر قرار می‌دهد. موارد بالا برای مقایسه تکنیک‌ها با همدیگر جهت انتخاب بهترین روش‌های پایش تغییر محاسبه گردید. برای تعیین

هدایت نمود.

مدل مارکوف، شامل زنجیره متوالی از متغیرهای تصادفی x_1, x_2, x_3, \dots می‌باشد، به عبارت دیگر اگر مجموعه‌ای از حالات را به صورت $S = \{S_1, S_2, S_3, \dots, S_r\}$ داشته باشیم، P_{ij} از رابطه (۱) زیر محاسبه می‌گردد:

$$P_{ij}^{(n)} = \sum_{k=1}^r P_{ik} P_{kj}$$

رابطه ۱

در این رابطه: P_{ij} احتمال رفتن از حالت i به حالت j را پس از n گام نشان می‌دهد.

در این مدل دو نقشه مربوط به دو دوره زمانی به صورت ماتریسی با یکدیگر مقایسه می‌شوند. به طوری که براساس طبقه‌بندی حداکثر احتمال، پیش‌بینی می‌شود که هر پیکسل در هر کلاس با چه احتمالی در همان کلاس مانده یا به کلاسی دیگر تبدیل می‌شود (آرخی و عطا، ۱۳۹۷: ۲۸۱). بنابراین در این طبقه‌بندی توزیع ارزش بازتابی در هر نمونه تعلیمی توسط یک تابع تراکم احتمال، که براساس تئوری احتمال بیس بنا شده، نمایان خواهد شد. این طبقه‌بندی، احتمال اینکه هر سلول متعلق به یک کاربری باشد را بررسی نموده و سلول را به کاربری با بالاترین احتمال عضویت اختصاص می‌دهد. آنالیز مارکوف بر روی مطالعه انواع پوشش گیاهی و تغییر پوشش شهری و غیر شهری متمرکز شده است. خروجی مارکوف شامل احتمالات تبدیل وضعیت، ماتریس مساحت‌های تبدیل شده هر کلاس و در نهایت تصاویر احتمالات شرطی برای تبدیل کاربری‌های مختلف است.

۲-۲- تعیین دقت نقشه کاربری اراضی

پس از طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای و تهیه نقشه پوشش و کاربری اراضی ارزیابی صحت این نقشه‌ها برای اکثر استفاده‌کنندگان ضروری به نظر می‌رسد. برای تهیه نقشه واقعیت زمینی می‌توان از عکس‌های هوایی، نقشه‌های موضوعی موجود و یا عملیات میدانی استفاده نمود. رایج‌ترین روش تجزیه و تحلیل استفاده از ماتریس خطا می‌باشد.

1- Overall Accuracy
2- Producer Accuracy
3- User Accuracy
4- Kappa Coefficient

$\sum P_{ii}$ = جمع عناصر قطر اصلی ماتریس خطا.
در اغلب موارد شاخص کاپا برای تعیین دقت نتایج حاصل از روش‌های مختلف طبقه‌بندی استفاده می‌شود. به دلیل ایرادات وارده بر دقت کلی غالباً در کارهای تحقیقاتی پروژه‌های اجرایی که مقایسه دقت طبقه‌بندی مختلف مدنظر است، از شاخص کاپا استفاده می‌شود. چون شاخص کاپا پیکسل‌های نادرست طبقه‌بندی شده را مدنظر قرار می‌دهد (رضایی مقدم و همکاران، ۱۳۸۹).

شاخص کاپا با استفاده از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$K = \frac{\phi_1 - \phi_2}{1 - \phi_2} \quad \text{رابطه (۳)}$$

$$\phi_1 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^m P_{ii} \quad \text{رابطه (۴)}$$

$$\phi_2 = 1 / N^2 \sum_{i=1}^m p_i \cdot x P_i \quad \text{رابطه (۵)}$$

P_{ii} = عناصر قطر اصلی.

m = تعداد کلاس‌ها.

N = تعداد کل نمونه‌های آزمایشی در تمام طبقات.

P_i = جمع ستون‌ها.

P_i = جمع ردیف.

دقت تولیدکننده، احتمال اینکه یک پیکسل در تصویر کلاس‌بندی در همان کلاس در روی زمین قرار بگیرد و دقت کاربر، احتمال اینکه یک کلاس مشخص در روی زمین در همان کلاس بر روی تصویر طبقه‌بندی شده قرار بگیرد می‌باشد که از روابط زیر محاسبه می‌گردند (آرخی، ۱۳۹۳):

$$PA = \frac{ta}{ga} \times 100 \quad \text{رابطه (۶)}$$

$$UA = \frac{ta}{n_1} \times 100 \quad \text{رابطه (۷)}$$

که در روابط فوق:

PA = درصد دقت کلاس a برای دقت تولیدکننده

ta = تعداد پیکسل‌های صحیح طبقه‌بندی شده به عنوان

دقت نقشه حاصل از طبقه‌بندی داده‌های ماهواره‌ای سال ۲۰۱۷-۲۰۰۵، با در اختیار داشتن نقشه حاصل از طبقه‌بندی عوارض و با حضور در منطقه تعدادی نمونه به روش تصادفی با استفاده از دستگاه GPS نمونه‌برداری شد. لازم به توضیح است که برای اجتناب از اشتباه در ارزیابی دقت مناطق انتخاب شده برای این منظور، مستقل از نمونه‌های مورد استفاده برای تعیین حد آستانه بودند. بدین جهت دقت نقشه تغییرات تهیه شده از تصاویر ماهواره‌ای چند زمانه لازم است تا مورد ارزیابی قرار گیرد.

در مرحله تعیین دقت نقشه، در واقع مشخص می‌شود که نقشه حاصل از طبقه‌بندی تا چه میزان با واقعیات زمین همخوانی دارد. ارزش و استفاده از قابلیت هر نقشه تولید شده به درجه دقت آن بستگی دارد. روش بسیار معمول و استاندارد برای تعیین دقت نقشه‌های طبقه‌بندی شده استفاده از ماتریس خطا می‌باشد. در تعیین دقت نقشه‌های یاد شده نیاز به اطلاعات زمینی یا مناطق آموزشی می‌باشد. مناطق آزمایشی در حقیقت شامل نواحی نمونه از انواع کاربری‌های مورد نظر می‌باشد که معمولاً به صورت تصادفی انتخاب می‌شوند و ضوابط آماری مبنی بر داشتن تعداد نمونه کافی جهت حصول اطمینان لازم در برآورد دقت و واریانس طبقات مدنظر قرار می‌گیرند. در ماتریس خطا داده‌های مرجع (ستون‌های ماتریس) با داده‌های طبقه‌بندی شده (ردیف‌های ماتریس) مقایسه می‌گردند. روش دیگر استفاده از دقت کلی است که از شاخص‌هایی می‌باشد که در بیان دقت نتایج بدست آمده از روش‌های مختلف طبقه‌بندی مورد استفاده قرار می‌گیرد. از نظر تئوری احتمالات، دقت کلی نمی‌تواند معیار خوبی برای ارزیابی نتایج طبقه‌بندی باشد، چرا که در این شاخص نقش شانس قابل توجه است. دقت کلی از جمع عناصر قطر اصلی ماتریس خطا تقسیم بر تعداد کل پیکسل‌ها بدست می‌آید:

$$OA = \frac{1}{N} \sum P_{ii} \quad \text{رابطه (۲)}$$

N = تعداد کل پیکسل‌های آزمایشی.

جدول ۱: نمونه یک ماتریس خطا با شش کلاس یا ماتریس خطا حاصل از طبقه بندی پیکسل‌های نمونه تعلیمی

	W	S	F	U	C	H	جمع ردیف
W	۴۸۰	۰	۵	۰	۰	۰	۴۸۵
S	۰	۵۲	۰	۲۰	۰	۰	۷۲
F	۰	۰	۳۱۳	۴۰	۰	۰	۳۵۳
U	۰	۱۶	۰	۱۲۶	۰	۰	۱۴۲
C	۰	۰	۰	۳۸	۳۴۲	۷۹	۴۵۹
H	۰	۰	۳۸	۲۴	۶۰	۳۵۹	۴۸۱
جمع ستون	۴۸۰	۶۸	۳۵۶	۲۴۸	۴۰۲	۴۳۸	

کلاس a

۳- موقعیت محدوده مورد مطالعه

استان مازندران بین ۳۵ درجه و ۴۷ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۳۵ دقیقه عرض شمالی و ۵۰ درجه و ۳۴ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ قرار گرفته است. این استان در قسمت شمال مرکزی کشور واقع و از شمال به دریای مازندران، از جنوب به استان‌های تهران و سمنان، از باختر و جنوب باختری به گیلان و قزوین و از خاور به استان گلستان محدود است. استان مازندران با مساحت ۲۳۷۵۶ کیلومتر مربع وسعت، ۱/۴۶ درصد از مساحت کل کشور را به خود اختصاص داده است.

بر اساس آخرین آمار جمعیت آن به ۲۸۲۳۶۰۶ نفر می‌رسد. مازندران تنها استانی است، که با سه محور هراز، کندوان و سواد کوه با مرکز کشور مرتبط بوده و سه فرودگاه ساری، نوشهر و رامسر ارتباط هوایی آن را با سایر نقاط برقرار ساخته و راه آهن سراسری از آن عبور می‌کند. علاوه بر آن جاده ساحلی از رامسر تا بابلسر به طول ۲۲۰ کیلومتر و با فاصله ۱۰ الی ۳۰ متر از کنار دریا می‌گذرد (سازمان مدیریت و برنامه ریزی، ۱۳۹۶).

۴- یافته‌های تحقیق

آشکارسازی بهنگام آشفتگی‌های سرزمین، جهت کشف به موقع و اقدام جهت کنترل، جبران و یا کاهش آن، گامی بسیار اساسی می‌باشد. این اطلاعات برای بررسی روند توسعه نابهنجار سرزمین و کاهش اثرات منفی آن

$ga =$ تعداد پیکسل‌های کلاس a در واقعیت زمینی

$UA =$ درصد دقت کلاس a برای دقت کاربر

$$n_1 = \frac{480 + 52 + 313 + 126 + 342 + 359}{1992} = OA$$

$$W_{\text{دقت تولیدکننده برای کاربری}} = \frac{480}{480} = 100\%$$

$$S_{\text{دقت تولیدکننده برای کاربری}} = \frac{52}{68} = 16\%$$

$$W_{\text{دقت کاربر یا استفاده کننده برای کاربری}} = \frac{480}{485} = 99\%$$

بر اساس دو دقت ذکر شده، دو خطای گماشته شده^۱ و حذف شده^۲ به صورت زیر تعریف می‌شوند (فاطمی و رضایی، ۱۳۹۱):

$$C_e = 1 - UA \quad \text{رابطه (۸)}$$

$$O_e = 1 - PA \quad \text{رابطه (۹)}$$

خطای گماشته شده (C_e) که بر اساس دقت کاربر محاسبه می‌گردد، معادل آن درصد از پیکسل‌هایی است که در واقع متعلق به کلاس مورد نظر نبوده ولی طبقه‌بندی کننده آنها را جزء آن کلاس خاص در نظر گرفته است. خطای حذف شده (O_e) مربوط به آن درصد از پیکسل‌هایی است که در واقعیت زمینی مربوط به کلاس مورد نظر است ولی جزء کلاس‌های دیگر طبقه‌بندی شده‌اند.

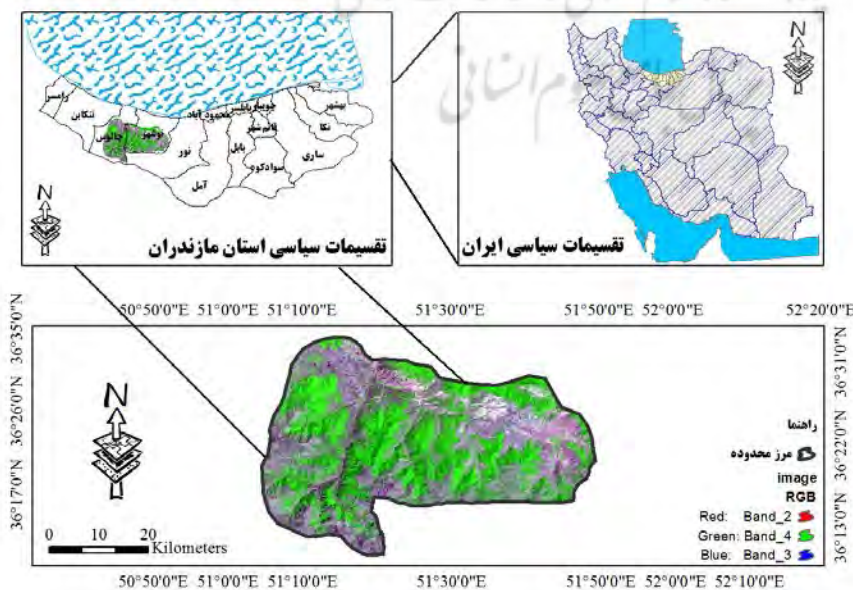
1 - Commission

2 - Omission

بر منابع طبیعی، انسان‌ها و زیرساخت‌ها و افزایش سری سطح آگاهی عمومی، مورد نیاز هستند. در این فرایند، تولید مستمر نقشه‌هایی با دقت مطلوب از عناصر مختلف سرزمین، یکی از ابزارهای مهم نظارت عرصه‌های منابع طبیعی و محیط‌زیست است. به دلیل محدودیت موجود در اخذ و تهیه تصاویر ماهواره‌ای از مناطق وسیع در محدوده زمانی مشخص، به‌ناچار ممکن است موزاییکی از تصاویر تهیه شده در زمان‌های مختلف برای تهیه نقشه پوشش گیاهی یکپارچه مورداستفاده قرار گیرد و یا نیاز به بررسی خصوصیات پوشش در سال‌های متمادی باشد. لذا لازم است تحلیل درستی از روند تغییرات فصلی هر نوع پوشش گیاهی در طول یک سال موجود باشد تا زمان‌های بهینه برای این منظور انتخاب گردد. در پایش تغییرات پوشش گیاهی، لازم است میان تغییرات فصلی با تغییرات تدریجی و یا ناگهانی متأثر از فروافت عرصه، تمایز قائل شد.

در این راستا، با به‌کارگیری ابزارهای سنجنش‌ازدوری در گام اول مطالعات، می‌توان زمان آغاز انحراف تغییرات به سمت ناهنجاری و روند آن‌ها را تشخیص داد. به‌طور مثال انحراف از فنولوژی نرمال سطح زمین که همان تغییرات فصلی زمین حاوی پوشش گیاهی است می‌تواند توسط سنجنده‌های ماهواره‌ای تصویربرداری شود و فعالیت‌های جنگل‌زدایی، سلامت جنگل (مانند: نرخ نابودی درختان) خشک‌سالی و آنومالی‌های آب و هوایی را نشان دهد. سنجنده‌های تعبیه‌شده بر روی ماهواره‌ها، اندازه‌گیری‌های منظم و مستمر نواحی وسیعی از سرزمین را امکان‌پذیر می‌سازند که برای بررسی اثرات بسیاری از فرآیندهایی که

بر منابع طبیعی، انسان‌ها و زیرساخت‌ها و افزایش سری سطح آگاهی عمومی، مورد نیاز هستند. در این فرایند، تولید مستمر نقشه‌هایی با دقت مطلوب از عناصر مختلف سرزمین، یکی از ابزارهای مهم نظارت عرصه‌های منابع طبیعی و محیط‌زیست است. به دلیل محدودیت موجود در اخذ و تهیه تصاویر ماهواره‌ای از مناطق وسیع در محدوده زمانی مشخص، به‌ناچار ممکن است موزاییکی از تصاویر تهیه شده در زمان‌های مختلف برای تهیه نقشه پوشش گیاهی یکپارچه مورداستفاده قرار گیرد و یا نیاز به بررسی خصوصیات پوشش در سال‌های متمادی باشد. لذا لازم است تحلیل درستی از روند تغییرات فصلی هر نوع پوشش گیاهی در طول یک سال موجود باشد تا زمان‌های بهینه برای این منظور انتخاب گردد. در پایش تغییرات پوشش گیاهی، لازم است میان تغییرات فصلی با تغییرات تدریجی و یا ناگهانی متأثر از فروافت عرصه، تمایز قائل شد. در تحقیق حاضر فرض بر این است که با تحلیل سری‌های زمانی بلندمدت داده‌های ماهواره‌ای می‌توان چنین تغییراتی را پایش نمود، لذا پروفیل تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از محصول MOD12Q1 سنجنده مادیس و محاسبه شاخص‌های NDVI و EVI در طول سال‌های



نگاره ۲: موقعیت محدوده در استان
 مازندران

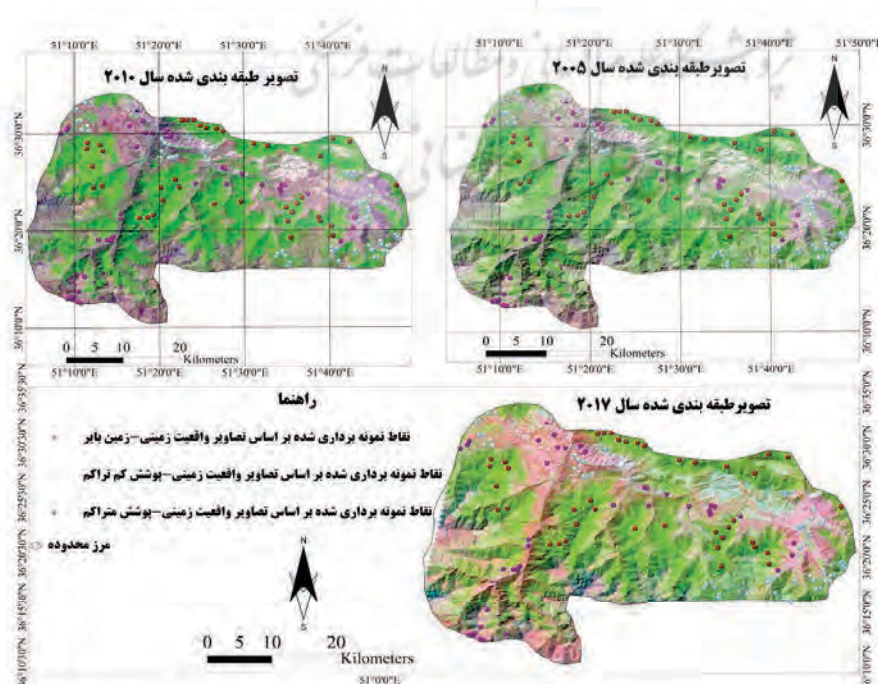
شش بوته‌زار، کلاس هفت پوشش ساوانا، کلاس هشت چمن‌زار، کلاس نه تالاب‌ها، کلاس ۱۰ زمین زراعی، کلاس ۱۱ مناطق شهری، کلاس ۱۲ نواحی برفی، کلاس ۱۳ پوشش‌های پراکنده، کلاس ۱۴ مناطق طبقه‌بندی نشده، در نهایت نقشه حاصل از طبقه‌بندی ایجاد شد. بعد از تهیه نقشه حاصل از طبقه‌بندی دوباره تغییرات مدنظر یک طبقه‌بندی دیگر حاصل از بیشترین تغییرات ایجاد شده در منطقه، برای بررسی در قالب یک خروجی نهایی ارائه گردید.

تعیین آستانه

بسیاری از الگوریتم‌های پایش تصویر از قبیل الگوریتم موجود در دسته‌های جبر و تبدیل نیازمند انتخاب آستانه برای متمایز ساختن مناطق تغییر افزایشی و کاهش‌ی از بدون تغییر است (fung & ledrew, 1988: 1449-1454). معمولاً برای انتخاب آستانه از دو روش استفاده می‌شود.
 ۱. فرآیند آزمون و خطا ۲. روش آماری. در این مطالعه از روش آماری که بر اساس انتخاب یک انحراف معیار مناسب از میانگین است استفاده شد. برای اینکه وزن اعداد با هر

موجب ایجاد آشفتگی در سرزمین می‌شوند، مناسب هستند مانند آشفتگی‌های فیزیکی (خشک‌سالی، آتش‌سوزی و سیلاب‌ها)، زیستی (حشرات گیاه‌خوار و پاتوژن‌ها) و انسانی (جنگل‌زدایی، شهرنشینی و کشاورزی). هدف از این مطالعه، بررسی و تحلیل پروفیل تغییرات پوشش گیاهی در منطقه با استفاده از شاخص‌های NDVI و EVI محصول MOD12Q1 سنجنده مادیس در سال‌های ۲۰۰۵، ۲۰۱۵ می‌باشد.

تصاویر مربوطه به صورت سالیانه با توان تفکیک ۵۰۰ متر و سیستم مختصات سینوسی به صورت ترکیبی از داده‌های terra و aqua تهیه شده است. برای بررسی تغییرات با استفاده از روش طبقه‌بندی decision tree با توجه به استانداردهایی که توسط ناسا ارائه شده اجرا شد. ابتدا برای هر val16 یک کلاس تعریف شد اولین کلاس که با مقدار صفر تعیین می‌شود و شامل پهنه مربوط به آب است. دومین کلاس با مقدار یک مربوط به جنگل‌های همیشه‌سبز، کلاس دو جنگل‌های پهن‌برگ، کلاس سه، پهنه‌های جنگلی برگ‌ریز سوزنی، کلاس چهار برگ‌ریزهای پهن‌برگ، کلاس پنج جنگل‌های به صورت ترکیبی، کلاس



نگاره ۳: کاربری پوشش گیاهی حوزه استان مازندران در بین سال‌های ۲۰۰۵-۲۰۱۰-۲۰۱۷

جدول ۲: ارزیابی دقت تکنیک سنجش تغییرات کاربری سال ۲۰۰۵

دقت کاربر	جمع	بایر	پوشش گیاهی کم تراکم	پوشش گیاهی متراکم	کلاس ها
۶۵/۳۸	۵۲	۳	۱۵	۳۴	پوشش گیاهی متراکم
۹۰/۱۶	۶۱		۵۵	۶	پوشش گیاهی کم تراکم
۱۰۰	۳۹	۳۷			بایر
	۱۵۰	۴۰	۷۰	۴۰	جمع
		۹۲/۵	۷۸/۵۷	۸۵	دقت تولید کننده
			۸۴		دقت کل
			۱۲۶		دقت کلی
			۶۳۶۴		دقت انتظار
			۰/۷۷		ضریب کاپا

جدول ۳: ارزیابی دقت تکنیک سنجش تغییرات کاربری سال ۲۰۱۰

جمع	بایر	پوشش گیاهی کم تراکم	پوشش گیاهی متراکم	کلاس ها
۴۹	۱	۹	۳۹	پوشش گیاهی متراکم
۶۲		۶۱	۱	پوشش گیاهی کم تراکم
۳۹	۳۹			بایر
۱۵۰	۴۰	۷۰	۴۰	جمع
	۹۸	۸۷	۹۸	دقت تولید کننده
		۹۲/۶۶		دقت کل
		۱۳۹		دقت کلی
		۶۳۱۵		دقت انتظار
		۰/۸۹		ضریب کاپا

بر اساس نگاره شماره ۴ تعداد نقاط نمونه برداری شده به منظور صحت سنجی طبقه بندی حاصله، نقاط مربوط به اراضی بایر ۴۰ عدد از این تعداد ۱ عدد به خارج از محدوده در سال ۲۰۰۵ اطلاق یافته، که برآورد دقت تولید کننده ۹۸ درصد از ۱۰۰ در طبقه بندی را نشان می دهد. همچنین نقاط مربوط به پوشش گیاهی متراکم ۴۰ عدد از این تعداد ۱ عدد به خارج از محدوده در سال ۲۰۰۵ اطلاق یافته، که برآورد دقت تولید کننده ۹۸ درصد از ۱۰۰ در طبقه بندی را نشان می دهد. همچنین نقاط مربوط به پوشش گیاهی کم تراکم ۷۰ عدد از این تعداد ۹ عدد به خارج از محدوده

واحدی ثابت شود از روش استاندارد کردن استفاده می شود برای استاندارد کردن داده ها از رابطه زیر استفاده گردید:

$$Z = \frac{Xi - \bar{X}}{S}$$

رابطه (۱۰)

در رابطه ی فوق Xi مقدار عددی هر پیکسل و \bar{X} میانگین پیکسل ها همچنین S انحراف معیار پیکسل ها مقدار Z هم استاندارد شده متغیر می باشد. در نهایت برای تعیین بهترین آستانه انحراف از میانگین های مختلف از قبیل $\pm 1, \pm 1.5, \pm 2$ و غیره بررسی شد و بهترین آستانه جهت تعیین مناطق تغییر و بدون تغییر افزایشی و کاهششی مشخص گردید.

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر)
سنجش و پیش‌بینی تغییرات پوشش گیاهی ... / ۱۵۹

می‌دهد. همچنین نقاط مربوط به پوشش گیاهی متراکم ۴۰ عدد از این تعداد ۲ عدد به خارج از محدوده در سال ۲۰۱۷ اطلاق یافته، که برآورد دقت تولید کننده ۹۵ درصد از ۱۰۰ در طبقه بندی را نشان می‌دهد. همچنین نقاط مربوط به پوشش گیاهی کم تراکم ۷۰ عدد از این تعداد ۱۳ عدد به خارج از محدوده در سال ۲۰۱۷ اطلاق یافته، که برآورد دقت تولید کننده ۸۱ درصد از ۱۰۰ در طبقه بندی را نشان می‌دهد. در سال ۲۰۰۵ کاربری‌های مربوط به پوشش گیاهی متراکم که مساحتی بالغ بر ۳۹۸/۷۷ از سطح منطقه را به خود اختصاص داده است، کاربری‌های مربوط به این دوره زمانی از جمله بایر، پوشش گیاهی متراکم، پوشش گیاهی پراکنده می‌باشد که برآورد تغییرات رخ داده در کاربری‌های مذکور بیشترین تغییرات به ترتیب مربوط به پوشش گیاهی کم تراکم با میانگین ۵۵/۶۲ درصد، در قسمت‌های شمال غربی و شرقی محدوده و کمترین تغییرات مربوط به پوشش گیاهی متراکم با میانگین ۷۷/۲۱ درصد در قسمت‌های میانی منطقه می‌باشد. همچنین بنا به مشاهدات رخ داده مربوط به تصویر سال ۲۰۰۵ نشان می‌دهد که کاربری پوشش گیاهی متراکم که در تصویر سال ۲۰۱۷ به پوشش گیاهی کم تراکم تبدیل شده‌اند،

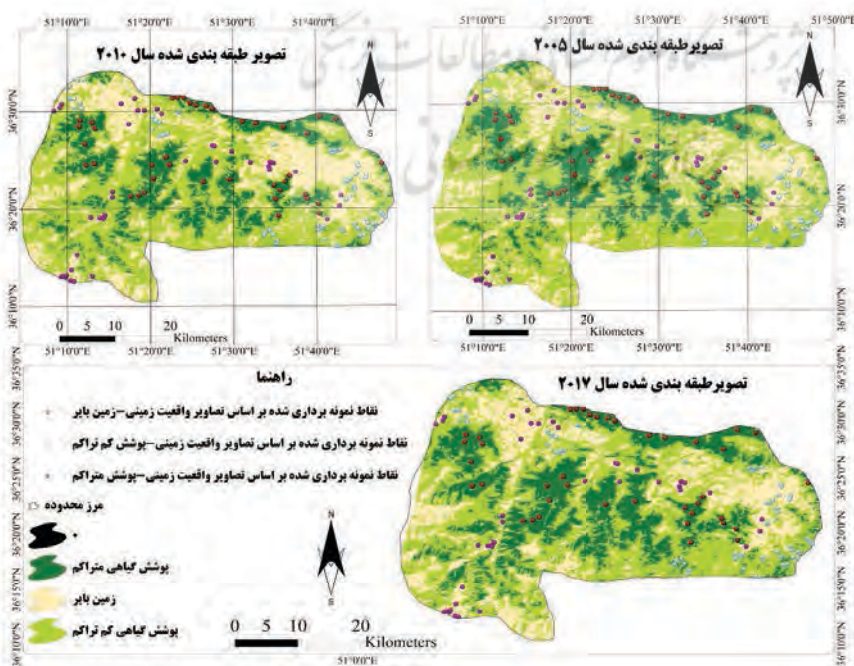
در سال ۲۰۰۵ اطلاق یافته، که برآورد دقت تولید کننده ۸۷ درصد از ۱۰۰ در طبقه بندی را نشان می‌دهد.

سال ۲۰۱۰

نقاط مربوط به اراضی بایر ۴۰ عدد از این تعداد ۳ عدد به خارج از محدوده در سال ۲۰۱۰ اطلاق یافته، که برآورد دقت تولید کننده ۹۲/۵ درصد از ۱۰۰ در طبقه بندی را نشان می‌دهد. همچنین نقاط مربوط به پوشش گیاهی متراکم ۴۰ عدد از این تعداد ۶ عدد به خارج از محدوده در سال ۲۰۱۰ اطلاق یافته، که برآورد دقت تولید کننده ۸۵ درصد از ۱۰۰ در طبقه بندی را نشان می‌دهد. همچنین نقاط مربوط به پوشش گیاهی کم تراکم ۷۰ عدد از این تعداد ۱۵ عدد به خارج از محدوده در سال ۲۰۱۰ اطلاق یافته، که برآورد دقت تولید کننده ۵۷/۷۸ درصد از ۱۰۰ در طبقه بندی را نشان می‌دهد.

سال ۲۰۱۷

نقاط مربوط به اراضی بایر ۴۰ عدد از این تعداد ۱ عدد به خارج از محدوده در سال ۲۰۱۷ اطلاق یافته، که برآورد دقت تولید کننده ۹۸ درصد از ۱۰۰ در طبقه بندی را نشان



نگاره ۴: کاربری پوشش گیاهی حوزه استان مازندران در بین سال‌های ۲۰۱۷-۲۰۱۰-۲۰۰۵

جدول ۴: ارزیابی دقت تکنیک سنجش تغییرات کاربری سال ۲۰۱۷

دقت کاربر	جمع	بایر	پوشش گیاهی کم تراکم	پوشش گیاهی متراکم	کلاس ها
۷۳	۵۲	۱	۱۳	۳۸	پوشش گیاهی متراکم
۹۷	۵۹		۵۷	۲	پوشش گیاهی کم تراکم
۱۰۰	۳۹	۳۹			بایر
	۱۵۰	۴۰	۷۰	۴۰	جمع
		۹۸	۸۱	۹۵	دقت تولید کننده
			۸۹		دقت کل
			۱۳۴		دقت کلی
			۶۲۲۶		دقت انتظار
			۱		ضریب کاپا

جدول ۵: ارزیابی تغییرات کاربری ها

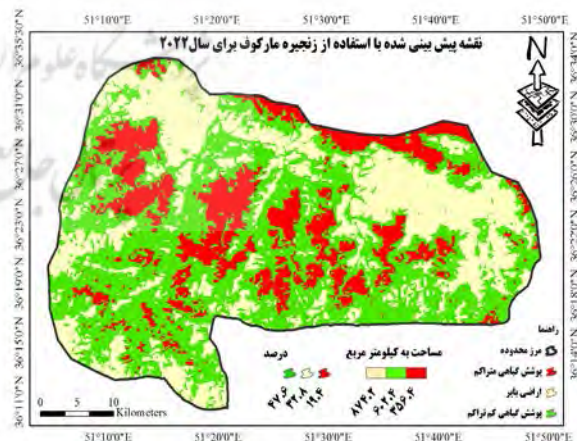
کلاس ها	۲۰۰۵		۲۰۱۰		۲۰۱۷	
	مساحت	درصد	مساحت	درصد	مساحت	درصد
پوشش گیاهی متراکم	۳۹۸/۷۷	۲۱/۷۷	۳۷۵/۰۲	۲۰/۴۳	۴۹۴/۳۷	۲۶/۹۳
پوشش گیاهی کم تراکم	۱۰۱۸/۵۲	۵۵/۶۲	۹۲۳/۶۵	۵۰/۳۲	۸۶۴/۸۰	۴۷/۱۲
بایر	۴۱۳/۷۲	۲۲/۵۹	۵۳۴/۴۴	۲۹/۱۲	۴۵۵/۲۰	۲۴/۸۰

متر تا ۲۲۶۰ متر با ضریب شیب ۱۵ تا ۹۹ درصد بوده‌اند. همچنین پیش‌بینی انجام شده با استفاده از زنجیره مارکوف گویای آن است که اراضی پوششی کم تراکم، که در سال ۲۰۱۷ مساحتی بالغ بر ۸۶۴/۸۰ کیلومتر مربع بوده به نسبت تغییرات رخ داده در سال ۲۰۲۲ به اراضی بایر تبدیل خواهد شد.

۵- نتیجه گیری

در این مطالعه به منظور آشکارسازی تغییرات و تجزیه تحلیل تغییرات از روش طبقه‌بندی decision tree با توجه به استانداردهای ناسا اجرا شد. که ابتدا برای هر 16 valy به کلاس تعریف شد.

اولین کلاس که با مقدار صفر تعیین می‌شود، شامل پهنه مربوط به آب است.



نگاره ۵: نقشه پیش‌بینی شده

کمترین تغییرات را به خود اختصاص داده‌اند. در نهایت با توجه به پیش‌بینی تغییرات مشاهده‌شده می‌توان چنین نتیجه گرفت که این تغییرات بیشتر مربوط به رنج ارتفاعی ۱۴۰۰

نتیجه بر اساس ارزیابی درستی یا ارزیابی کیفی مقایسه و آزمایش شود.

۶- منابع و مآخذ

۱. آرخی، عطا؛ صالح، بهنام (۱۳۹۷). مبانی سنجش از دور رقومی، انتشارات نوروزی، چاپ اول، ص ۲۸۱.
۲. آرخی، صالح. (۱۳۹۴)، «آشکارسازی تغییرات پوشش / کاربری اراضی با پردازش شیء‌گرای تصاویر ماهواره‌ای با استفاده از نرم‌افزار Idrisi selvi (مطالعه موردی: منطقه آبدانان)»، فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر)، دوره ۲۴، شماره ۹۵، پاییز، صص ۶۲-۵۱.
۳. آرخی، نیازی؛ صالح، یعقوب. (۱۳۹۳)، «مقایسه تکنیک‌های مختلف پایش تغییر کاربری اراضی / پوشش گیاهی با استفاده از RS و GIS (مطالعه موردی: حوزه دره شهر- استان ایلام)»، فصلنامه سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی (کاربرد سنجش از دور و GIS در علوم منابع طبیعی)، دوره ۵، شماره ۳، پاییز، صص ۱۳.
۴. امیدوار، نارنگی فرد، عباسی؛ کمال، مهدی، حجت‌الله. (۱۳۹۴)، «آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی و پوشش گیاهی در شهر یاسوج با استفاده از سنجش از دور». فصلنامه جغرافیا و آمایش شهری - منطقه‌ای، شماره ۱۶، پاییز، صص ۱۲۶-۱۱۱.
۵. رضایی مقدم، رضایی بنفشه، فیضی‌زاده، نظم‌فر؛ محمدحسین، مجید، بختیار، حسین (۱۳۸۹)، طبقه بندی پوشش اراضی / کاربری اراضی بر اساس تکنیک شیء‌گرا و تصاویر ماهواره‌ای، مطالعه موردی: استان آذربایجان غربی، پژوهش‌های آبخیز داری، دوره ۲۳، شماره ۳۲، ۲-۱۹.
۶. زارع چاهکوهی، طاهری محمدآبادی، آذرینوند؛ محمدعلی، نیکو، حسین. (۱۳۹۵)، «ارزیابی تغییرات مکانی پوشش گیاهی مراتع مناطق خشک و نیمه‌خشک با استفاده از سنجش بوم‌شناسی سیمای سرزمین (مطالعه موردی: مراتع پشتکوه استان یزد)»، نشریه مدیریت بیابان، شماره هفتم، بهار و تابستان، صص ۵۶-۴۶.

دومین کلاس با مقدار یک مربوط به جنگل‌های همیشه‌سبز، کلاس دو جنگل‌های پهن‌برگ، کلاس سه، پهنه‌های جنگلی برگ‌ریز سوزنی، کلاس چهار برگ‌ریزهای پهن‌برگ، کلاس پنج جنگل‌های به‌صورت ترکیبی، کلاس شش بوته‌زار، کلاس هفت پوشش ساوانا، کلاس هشت چمن‌زار، کلاس نه تالاب‌ها، کلاس ۱۰ زمین‌گرائی، کلاس ۱۱ مناطق شهری، کلاس ۱۲ نواحی برفی، کلاس ۱۳ پوشش‌های پراکنده، کلاس ۱۴ مناطق طبقه‌بندی نشده، و در نهایت نقشه حاصل از طبقه‌بندی تهیه شد.

بعد از ارائه نقشه حاصل از طبقه‌بندی، دوباره برای بررسی تغییرات مدنظر یک طبقه‌بندی دیگر حاصل از بیشترین تغییرات ایجادشده در منطقه صورت گرفت و در قالب یک خروجی نهایی ارائه گردید. بر این اساس مشخص شده است که آستانه‌ی تغییر در منطقه‌ی مورد مطالعه با ۱ انحراف از میانگین قرار داشته است. پس از تعیین آستانه‌ی تغییر، مناطق دارای تغییرات کاهشی، افزایشی مشخص گردیده است. جهت ارزیابی دقت تکنیک پایش تغییر پس از برداشت واقعیات زمینی که از طریق بازدید میدانی و تصاویر ماهواره‌ای Google Earth به دست آمد، از دقت کل و ضریب کاپا استفاده شد. بر اساس نتایج به دست آمده مشخص گردید که دقت کل ۹۱ و ضریب کاپای ۰/۸۸ را در ارزیابی پایش تغییرات پوشش گیاهی منطقه‌ی مورد مطالعه به خود اختصاص داده‌اند.

بخش عمده‌ای از تغییرات افزایشی در منطقه ناشی از عدم وجود فرصت‌های شغلی در منطقه برای جذب نیروی کار مازاد و فقر اقتصادی ساکنان منطقه که فشار مناطق با پوشش چمنزار از طرق دامداری سنتی به بالاترین حد خود رسیده و کاهش سطح چمنزارها را به دنبال داشته است.

در مجموع می‌توان بیان کرد که روش‌های سنجش تغییرات متفاوت ویژگی‌های مربوط به خود را داشته و هیچ روشی به‌تنهایی مناسب و قابل‌استفاده برای تمام موارد نیست و به موجب سختی شناسایی یک روش مناسب، در عمل روش‌های مختلف سنجش تغییرات برای فراهم کردن بهترین

automata model of land cover change to integrate urban growth with open space conservation. *Landscape and Urban Planning*, 99, 141-153.

17. NASA's organization, Modis Land Cover Product, Land Cover Type Yearly L3 Global 500 m Sin Grid, MCD12Q1.

18. Wang, Y.Q., et al. (2009). Remote sensing of land-cover change and landscape context of the national parks: A case study of the Northeast Temperate Network. *Remote Sensing of Environment*, 113, 1453-1461.

19. Weishou, Shen. , Zhang Hui, Ji. , Di, Shouguang. , Yan, Haidong. , Li , Naifeng. , Lin. (2011) , The Response Relation between Climate Change and NDVI over the Qinghai-Tibet plateau, *World Academy of Science, Engineering and Technology, International Science Index* 59, Vol 5, No 11, P 2438-2444.

۷. شریفی، رسولی، حجازی، رستم زاده؛ لیلا، علی اکبر، میراسدالله، هاشم (۱۳۹۲). «آشکارسازی تغییرات کاربری/ پوشش اراضی با پردازش شیء‌گرای تصاویر ماهواره‌ای (مطالعه موردی: شهرستان تبریز)، نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهر، دوره ۱۷، شماره ۴۴، تابستان ۱۳۹۲، صفحه ۲۰۳-۲۱۴.

۸. فاطمی، رضایی؛ سیدباقر، یوسف (۱۳۹۱)، مبانی سنجش از دور، چاپ سوم، تهران: انتشارات آزاده.

۹. محمدیاری، پورخباز، توکلی، اقدر؛ فاطمه، حمیدرضا، مرتضی، حسین. (۱۳۹۳)، «تهیه نقشه پوشش گیاهی و پایش تغییرات آن با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: شهرستان بهبهان)»، فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر)، دوره ۲۳، شماره ۹۲، زمستان، صص ۳۴-۲۴.

10. Alavipanah, S.K. (2013). Application of remote sensing in the earth sciences (soil). University of Tehran press.

11. Farzadmehr, J., Arzani, H., Darvish Sefat, A.A. and Jafari, M., (2006). Assessment Landsat 7 satellite data ability to estimate the canopy and plant production (Case study: Semi-steppe zone henna Samirom). *Iranian Journal of Natural Resources*, 57 (2), 1-15.

12. Feyzizadeh, B., Azizi, H. and Valizadeh, K. (2008). Extraction Land use Mallekan city by using Landsat 7 ETM + satellite images. *Logistics magazine* (3), University of Malayer.

13. Fung, T. , and Ledrew, E. (1988) , The determination of optimal threshold levels for change detection using various accuracy indices. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 54, 1449-1454.

14. Lillesand, T.M. and Kiefer, R.W. (1994). *Remote Sensing and Image Interpretation*, John Wiley and sons, New York, 750 pp.

15. Lu, D. , Mausel, P. , Brondi'zio, E, and Moran, E (2004) , Change detection techniques. *International Journal of Remote Sensing*, 20 June, Vol. 25, No. 12, 2365-2407.

16. Mitsova D, Shuster W, Wang X. (2011). A cellular